

# 黄河流域旅游业碳排放效率综合测度及影响因素研究

杜娅明, 白永平, 梁建设, 张春悦, 荆林祥, 王立果, 邹嘉铨

(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 科学量化并分析黄河流域旅游业碳排放效率及其影响因素, 对于推动其旅游经济绿色化发展具有重要意义。基于2000—2019年黄河流域9省区面板数据, 利用Super-SBM模型从静态和动态2个视角揭示旅游业碳排放效率的时空演变特征, 并通过空间杜宾模型探讨影响黄河流域旅游业碳排放效率的关键因素及其空间溢出效应。结果表明: (1) 2000—2019年, 黄河流域内旅游业碳排放效率均值呈现先波动上升后下降的趋势, 各省区之间的差异不断缩小, 空间分布呈现“西低东高”格局。(2) 动态效率方面, Malmquist-Luenberger指数和核密度曲线的变化趋势均表明旅游业碳排放效率的极化现象减弱, 且技术进步对旅游业碳排放效率变动的贡献更大。(3) 影响因素方面, 环境规制和城镇化水平在促进当地旅游业碳排放效率的过程中呈现出正向溢出效应; 产业结构、对外开放、技术水平和旅游产业集聚对当地和邻地的影响系数均为负; 而经济发展水平会抑制旅游业碳排放效率的提升, 但对周边地区呈现出显著的正向溢出作用。

**关键词:** 旅游业碳排放效率; Super-SBM; 空间杜宾模型; 黄河流域

**文章编号:** 1000-6060(2023)12-2074-12(2074~2085)

政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告提出, 以CO<sub>2</sub>为主的温室气体增多而导致的气候变暖正以多种方式影响着地球上的每个区域。积极应对气候变化, 加快实现净零碳排放已成为各国亟待解决的问题。旅游业作为世界最大的经济部门之一, 具有可持续性和资源消耗2个产业特征, 决定了其与生态环境之间存在矛盾关系<sup>[1]</sup>。研究表明, 目前旅游业于全球温室效应的贡献率达到14%, 预计到2035年游客造成的CO<sub>2</sub>排放量将以每年3.2%的平均速度增长<sup>[2]</sup>, 严重威胁着旅游业绿色发展。旅游业碳排放效率是考量旅游生产和消费过程中所造成的碳排放与创造的经济价值之间关系的一个重要指标<sup>[3]</sup>。评估旅游业碳排放效率及其影响因素, 可以为促进旅游业碳减排和绿色发展提供理论指导和路径支持。

旅游业碳排放效率反映了受环境制约的旅游

业效率, 目前国内外研究主要聚焦于效率水平的测度<sup>[4-5]</sup>、分析评价<sup>[6-7]</sup>和影响因素探讨<sup>[8-10]</sup>等方面。旅游业碳排放效率的研究多集中在国家层面<sup>[11-13]</sup>, 以定量研究为主, 投入产出指标的合理选取是测度的关键。以往研究主要选择资本、劳动和能源为投入指标, 旅游总收入为期望产出<sup>[14]</sup>。旅游碳排放量为非期望产出, 其计算方法包括自下而上法<sup>[15-18]</sup>、剥离系数法<sup>[19-20]</sup>和生态足迹法<sup>[21]</sup>等, 其中自下而上法主要依据实际数据, 能够有效反映旅游过程中产生的碳排放量, 被学者广泛应用。在测算旅游业碳排放效率的基础上, 学者们进一步对其时空演化特征<sup>[22-23]</sup>、区域差异<sup>[24]</sup>或空间网络特征<sup>[25]</sup>进行分析。在影响因素的研究中, 学者们多使用传统的计量经济学方法(如Tobit回归、地理加权回归等)揭示旅游碳效率的决定因素<sup>[4, 26]</sup>。

黄河流域是中华文明重要的发祥地之一, 拥有

收稿日期: 2023-04-28; 修订日期: 2023-06-23

基金项目: 国家自然科学基金(40771054); 高等学校博士学科点专项科研基金联合资助课(20106203110002); 甘肃省重点研发计划项目(18YF1FA052)资助

作者简介: 杜娅明(1999-), 女, 硕士研究生, 主要从事区域发展与区域管理方面的研究。E-mail: duyym396396@163.com

通讯作者: 白永平(1961-), 男, 博士, 教授, 主要从事区域发展与区域管理方面的研究。E-mail: baiyp@nwnu.edu.cn

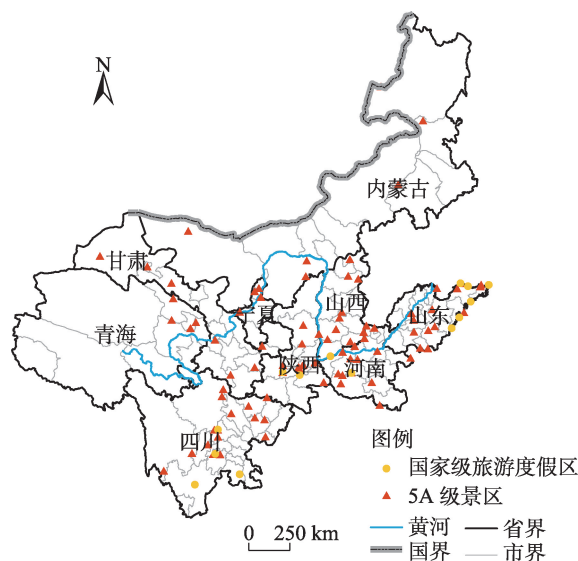
独特的历史文化与自然资源,但其生态系统的脆弱性导致流域内面临着环境污染、资源短缺等一系列的生态环境问题<sup>[27]</sup>。作为黄河流域高质量发展的一个关键领域,旅游业在受限于资源环境承载力的基础上,其环境友好性对促进其经济和生态协同发展具有重要作用<sup>[28]</sup>。因此,科学测度并分析黄河流域旅游业碳排放效率及其影响因素,对于推进域内旅游业低碳化具有较高的理论指导和实践参考价值。

总结以往研究可以看到,旅游业碳排放效率的研究已经具有一定思路,但仍存在以下不足:(1) 在研究区域上,从地区层面考察旅游发展质量和产业环境影响的研究较少,尤其是对于黄河流域旅游资源丰富但生态敏感地区,缺乏对旅游业碳排放效率的研究。(2) 在量化旅游业碳排放量时,普遍缺乏对技术投入的考虑。在旅游业中,技术创新水平的落后会阻碍旅游竞争力提升<sup>[29]</sup>。创新技术的应用可以降低生态脆弱地区资源短缺和生态本底薄弱对旅游业发展的阻碍,或通过减少碳排产品和服务等减少对环境的污染和破坏,以提高旅游碳效率。(3) 在影响因素分析中,传统的计量经济学方法忽略了效率影响因素之间的相互作用和空间效应的影响。因此,本文采用资本、劳动力、能源消耗和技术创新作为投入指标,将其纳入Super-SBM模型,并结合核密度估计法和Malmquist-Luenberger(ML)指数,分别测算2000—2019年黄河流域旅游业碳排放的静态变化和动态变化,探究其时空演变特征,最后依托空间杜宾模型揭示影响黄河流域旅游业碳排放效率的关键因素,为有关职能部门制定低碳旅游发展制度提供合理建议和理论依据,助力流域高质量发展。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区概况

黄河是中国第二大河流,流经山西、内蒙古、山东、河南、四川、陕西、甘肃、青海、宁夏9个省区。截至2023年,黄河流域9省区拥有87家国家5A级旅游景区、14家国家级旅游度假区(图1)。受限于地理特征、区位条件、发展模式等问题,黄河流域旅游资源禀赋未能有效转化为旅游经济优势,且流域旅游发展以高耗能高CO<sub>2</sub>排放为主,发展体制



注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2020)4619的标准地图制作,底图边界无修改。下同。

图1 黄河流域9省区行政区划

Fig. 1 Administrative divisions of nine provinces and regions in the Yellow River Basin

相对粗放<sup>[30]</sup>。

### 1.2 数据来源

宏观经济类数据来源于2001—2020年的《中国统计年鉴》、各地区统计年鉴和2000—2019年各地区统计公报,其中人均地区生产指数以2000年为基期进行平减;环境相关数据来源于2001—2020年《中国环境统计年鉴》;能源类数据来源于2001—2020年《中国能源统计年鉴》;旅游类数据来源于2001—2020年《中国旅游统计年鉴》及其副本、《中国文化和旅游统计年鉴》,部分旅游交通数据来源于2001—2020年旅游抽样调查资料或地区统计公报。旅游专利申请数量来自中国国家知识产权局专利检索及分析平台(<https://pss-system.cponline.cnipa.gov.cn/conventionalSearch>),以专利申请时间确定技术创新年份,根据专利申请主体所在地确定技术创新所属省份,以“旅游”为检索要素,以发明专利、实用新型和外观专利为类别,对2000—2019年公布的中国专利信息进行检索,最后统计出各省区旅游专利数。对于部分缺失数据采用线性插值法补充。

### 1.3 研究方法

**1.3.1 Super-SBM模型** 包含非期望产出的Slacks-Based Measure(SBM)模型引入了松弛变量的概念,识别出潜在效率差距<sup>[31]</sup>,使结果更加科学和准确。

而Super-SBM模型又结合了Super-DEA模型和SBM模型的优势,能够对多个效率值为1的决策单元(DMU)再量化后实现进一步的横向比较<sup>[32]</sup>。该模型的计算公式如下:

$$\min \text{TECC} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_{ik}}{\frac{1}{s_1 + s_2} \left( \sum_{r=1}^{s_1} \bar{y}_{rk} + \sum_{l=1}^{s_2} \bar{q}_{lk} \right)}, \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1, j \neq k}^m \lambda_j x_{ij}, & i = 1, 2, \dots, n \\ \bar{y} \leq \sum_{j=1, j \neq k}^m \lambda_j y_{rj}, & r = 1, 2, \dots, s_1 \\ \bar{q} \geq \sum_{j=1, j \neq k}^m \lambda_j q_{lj}, & l = 1, 2, \dots, s_2 \\ \bar{x} \geq x_k, \bar{y} \leq y_k, \bar{q} \geq q_k, \lambda_j \geq 0, & j = 1, 2, \dots, m \end{cases}$$

式中,minTECC为旅游业碳排放效率值; $n$ 为投入指标个数; $s_1$ 为期望产出个数; $s_2$ 为非期望产出个数; $m$ 为决策单元个数; $x_{ik}$ 、 $y_{rk}$ 和 $q_{lk}$ 分别为第 $k$ 个决策单元的第 $i$ 个投入指标、第 $r$ 个期望产出指标和第 $l$ 个非期望产出指标; $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 和 $\bar{q}$ 为投入、期望产出和非期望产出三者的松弛; $x_{ij}$ 、 $y_{rj}$ 、 $q_{lj}$ 为被评估单元的投入、期望产出和非期望产出; $\lambda_j$ 为权系数; $x_k$ 、 $y_k$ 、 $q_k$ 为第 $k$ 个决策单元的最优投入、期望产出和非期望产出。以上模型假设规模报酬不变。

从投入和产出来看,能源消耗是旅游生产过程中的重要投入,在经济学中,资本、劳动力和土地被认为是主要生产要素,但由于土地对旅游业的发展及碳排约束力较小,因此在选取投入指标时不纳入土地要素。此外,技术创新水平的提高会对旅游业从业者以及旅游过程造成影响,同样是旅游业要素投入的重要组成部分。因此,本文选取资本、劳动力、能源消耗和技术创新4种要素作为旅游业碳排放效率测度的投入指标(表1)。借鉴Young<sup>[33]</sup>的研究,采用永续盘存法计算各省区旅游业固定资产存量作为资本投入,折旧率取9.6%;劳动力、能源消耗和技术创新投入分别用各省区旅游业年末平均从业人员、旅游业能源消耗量、旅游专利累计申请数量表征。期望产出为旅游总收入;非期望产出为旅游业CO<sub>2</sub>排放量。由于中国尚未成立完善的旅游数据库或卫星系统,对旅游业能源消耗量和旅游业CO<sub>2</sub>排放量的测算采用“自下而上”的方法,基于消费者视角将旅游产业具体为旅游交通、旅游住宿和旅游活动,分别计算后加和<sup>[34]</sup>。

表1 黄河流域旅游业碳排放效率投入产出

Tab. 1 Input-output of tourism carbon emission efficiency in the Yellow River Basin

类型	一级指标	二级指标
投入	资本	旅游业固定资产存量/10 <sup>8</sup> 元
	劳动力	旅游业年末从业人员/10 <sup>4</sup> 人
	能源消耗	旅游业能源消耗量/MJ
	技术创新	旅游相关专利累计申请数量/个
产出	期望产出	旅游业总收入/10 <sup>8</sup> 元
	非期望产出	旅游业CO <sub>2</sub> 排放量/kg

**1.3.2 ML指数** 前文基于Super-SBM模型测算的旅游业碳排放效率仅对单一特定时间节点的效率值进行评估,缺乏时间序列上动态视角的分析。因此,本文采用Chung等<sup>[35]</sup>提出的纳入非期望产出的ML指数探讨旅游业碳排放效率变化的动态特征,分解为技术效率变化指数和技术进步指数。ML指数(技术效率变化指数、技术进步指数)大于1表示旅游业碳排放效率(技术效率、技术进步水平)提高,反之表示降低,等于1则表示不变。

**1.3.3 核密度曲线** 核密度估计不需要预先假设数据服从某个特定的标准参数分布,这种方法可以直接拟合数据样本的概率密度函数。因此,采用核密度估计曲线可以有效揭示黄河流域各省区之间旅游业碳排放效率绝对差异的分布动态和发展规律。不同的核函数对核密度估计影响很小<sup>[36]</sup>,本研究选择了最常用的高斯核密度函数。

**1.3.4 空间计量模型** 本文构建空间杜宾模型来刻画黄河流域旅游业碳排放效率的空间效应,具体模型如下:

$$\text{TECC}_{it} = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} \text{TECC}_{jt} + \beta x_{it} + \varphi \sum_{j=1}^n W_{ij} x_{jt} + v_i + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中:TECC<sub>it</sub>为旅游业碳排放效率; $i$ 和 $t$ 分别为地区和年份; $W_{ij}$ 为空间权重矩阵,其中 $W_{ij}$ 为 $i$ 地区与 $j$ 地区的距离; $\rho$ 和 $\varphi$ 为空间滞后项的参数; $x_{it}$ 为解释变量; $\beta$ 为回归系数; $v_i$ 和 $\mu_i$ 为时空固定效应; $\varepsilon_{it}$ 为误差项。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄河流域旅游业碳排放静态效率分析

**2.1.1 时序演变特征** 利用Matlab 2021a软件对2000—2019年黄河流域旅游业碳排放效率均值进



行测算(图2)。2000—2019年,流域内旅游业碳排放效率均值为0.561,整体上呈现先波动上升后下降的趋势,大致呈倒“U”型变化曲线。

具体来看,2000—2019年黄河流域旅游业碳排放效率均值在2003年出现峰值,原因在于本年能源投入减少的同时旅游业碳排放量减少,其中内蒙古、四川及陕西旅游业碳排放效率均值(1.000、0.731、1.016)大幅提升。2004—2011年旅游业碳排放效率均值稳步上升,在此期间发布的《关于加快旅游业转型升级的意见》(国发〔2008〕16号)、《关于推进旅游业低碳发展的指导意见》(发改旅〔2013〕2451号)等文件政策,明确了发展可持续旅游的重要性,为促进低碳旅游的发展提供了制度保障和政策支持。2012—2018年旅游业碳排放效率均值波动下降,主要是由于2012年后旅游业从业人员、旅游业固定资产投资额以及旅游收入的逐年快速增加,黄河流域旅游业进入快速增长模式。盲目追求旅游经济而忽略低碳绿色的发展模式,致使各省区旅游业碳排放效率降低,一定程度上证明了“环境库兹涅茨曲线”假说。总的来看,2019年旅游业碳排放效率均值相比2000年提升了12.44%,旅游业碳排放效率不断优化,但研究期内旅游业碳排放效率均值始终处于较低水平且表现为决策单元无效,距离最佳生产前沿面仍有很大空间。表明随着黄

河流域高质量发展战略的深入,旅游业绿色化取得了一定的成效,但仍然过于依赖资源要素投入,低碳旅游转型任重道远。此外,2000—2019年黄河流域旅游业碳排放效率变异系数呈现波动下降的趋势,由1.174下降到0.814,年均下降率为1.53%,表明黄河流域各省区的旅游业碳排放效率差异在不断缩小,黄河流域旅游业发展的稳定性和可持续性有所提高。

**2.1.2 空间分布特征** 为进一步探讨黄河流域旅游业碳排放效率的空间分布情况,利用自然断点法将2000—2019年黄河流域各省区旅游业碳排放效率均值划分为3个等级,并采取同样的标准对5个时间节点进行具体分析(图3)。黄河流域旅游业碳排放效率均值呈现明显的“西低东高”空间分布格局。由图3a~e可知,黄河流域9省区旅游业碳排放效率均值总体上符合先增高后降低趋势。2000—2019年多数省区旅游业碳排放效率明显提升。下游河南省和山东省始终处于较高水平,但存在波动变化。上游甘肃、青海和宁夏3省始终处于较低效率水平。甘肃、青海和宁夏虽然也有着较为发达的旅游业,但其经济水平较为薄弱,且属于生态脆弱敏感地区,强盛的旅游业会更容易带来环境破坏。尤其是甘肃省和青海省,地广人稀,占地面积大但可利用地小,交通网络构建不完善。而旅游业对交

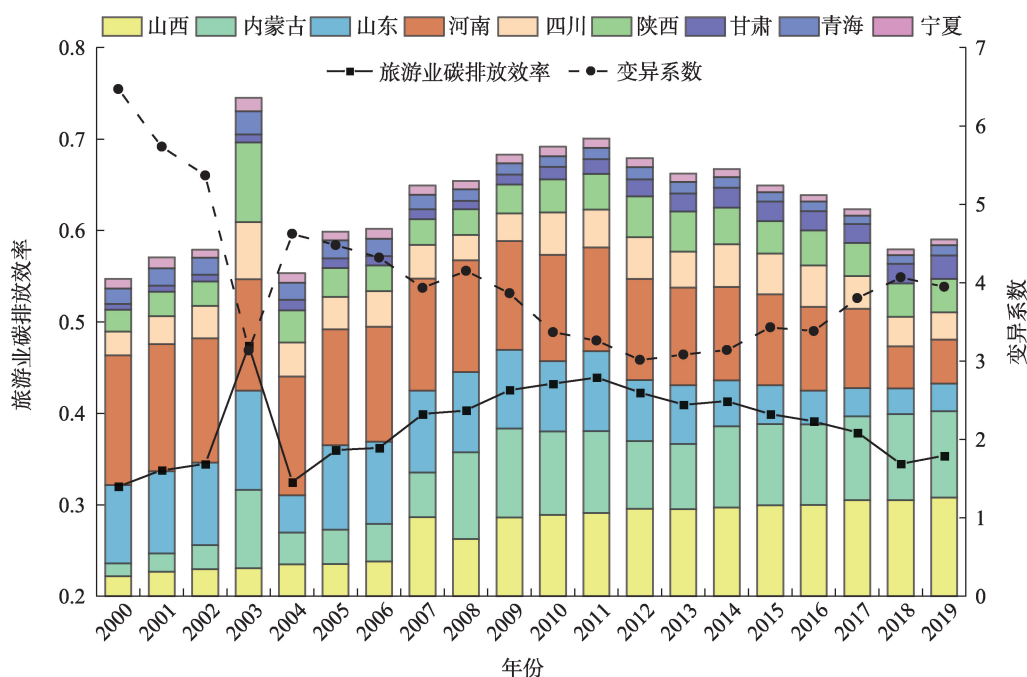


图2 旅游业碳排放效率均值及区域差异

Fig. 2 Mean value and regional differences of tourism carbon emission efficiency

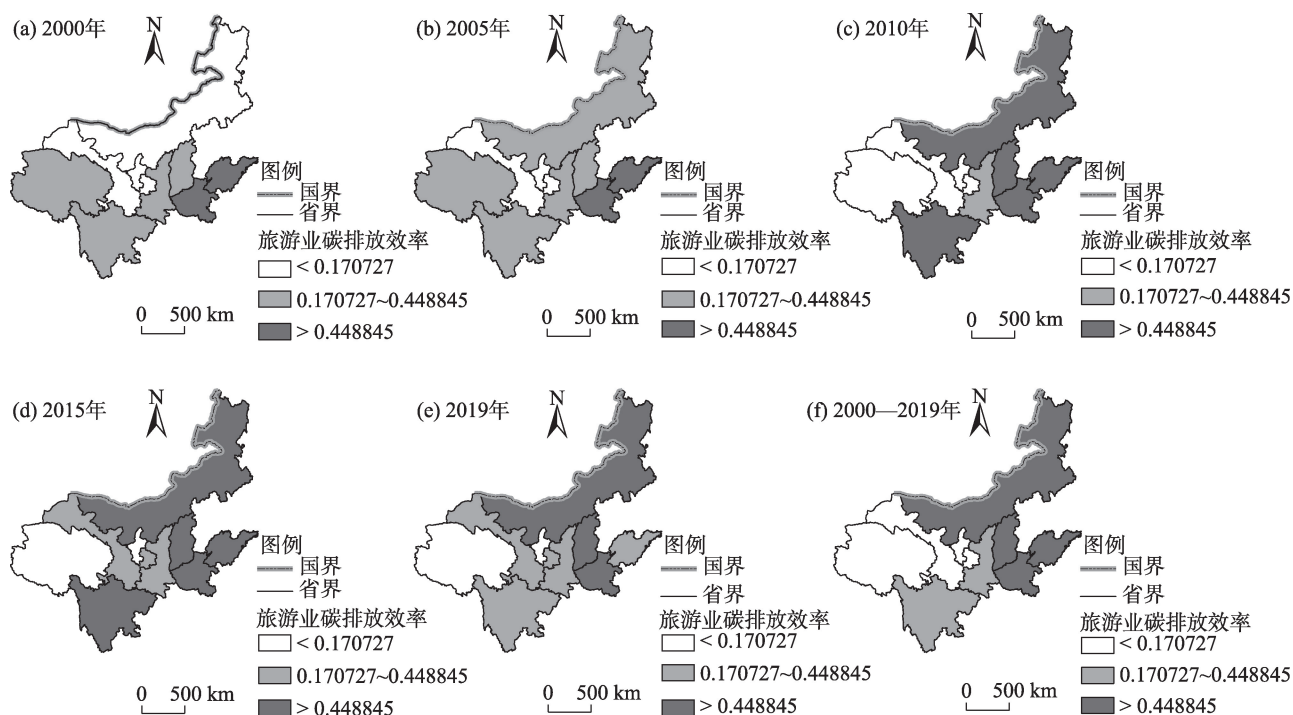


图3 旅游业碳排放效率空间分布格局

Fig. 3 Spatial distribution pattern of tourism carbon emission efficiency

通便捷性的依赖,致使其产生更多的交通碳排放,从而造成其旅游业碳排放效率处于低效率水平。中游陕西省效率变化较为稳定,山西省逐渐转好。由图 3f 可知,高效率省区依然集中在东部,西部塌陷特征明显。河南省 2000—2019 年旅游业碳排放效率均值(1.286)最高,达到了决策单元有效,河南省低投入高产出的特点也说明了单纯推动旅游经济发展并非促进绿色发展和碳减排的充分条件,通过减少旅游业对资源要素投入的依赖更加重要。值得注意的是,2000—2019 年旅游业碳排放效率空间分布以及效率均值空间分布都出现明显的西部塌陷特征。

## 2.2 黄河流域旅游业碳排放动态效率分析

**2.2.1 ML 指数分析** 为了更好地把握黄河流域旅游业碳排放效率的动态演变趋势,基于 ML 指数测算 9 个省区旅游业碳排放效率及其分解指数(图 4)。2000—2019 年,黄河流域旅游业碳排放效率 ML 指数均值呈现波动减小的趋势,仅 2002—2003 年小于 1,其余年份皆大于 1,黄河流域 ML 指数均值为 1.171,表现出增长态势。从效率分解来看,技术进步指数与 ML 指数的变化曲线走势更加相似,2002—2003 年技术进步指数大幅度降低,随后升高

至峰值,而技术效率变化指数呈现先上升后下降的趋势,结合 ML 指数相对小幅度的下降再上升,证明技术进步对旅游业碳排放效率变动的贡献最大。此外,2000—2019 年黄河流域技术效率变化指数和技术进步指数均值皆大于 1(表 2),说明效率变化和技术变化均能在一定程度上对旅游业碳排放效率的提升起到促进作用,但作用力大小不同,因此黄河流域在旅游业绿色发展的投入产出过程中要注重自身发展的技术先进性。

对于黄河流域 9 省区而言,2000—2019 年的 ML 指数均值差异不大,但都大于 1,即旅游业碳排放效率均呈现上升趋势(表 2)。分解指数中,各省的技术进步指数均大于 1,说明总体技术进步水平低下的状况在不断改善,而技术效率变化指数围绕 1 上下波动,体现出黄河流域对技术效率的提高政策存在一定的盲目性,导致效率水平不稳定。

**2.2.2 核密度估计分析** 为了直观反映黄河流域旅游业碳排放效率的演变态势,本文采用核密度函数对五年规划初始年份 2000、2006、2011、2016 年和 2019 年的旅游碳排放效率进行估计(图 5)。2000—2019 年,黄河流域旅游业碳排放效率的核密度函数曲线形态发生较明显的变化,呈现“高—低—高”的发

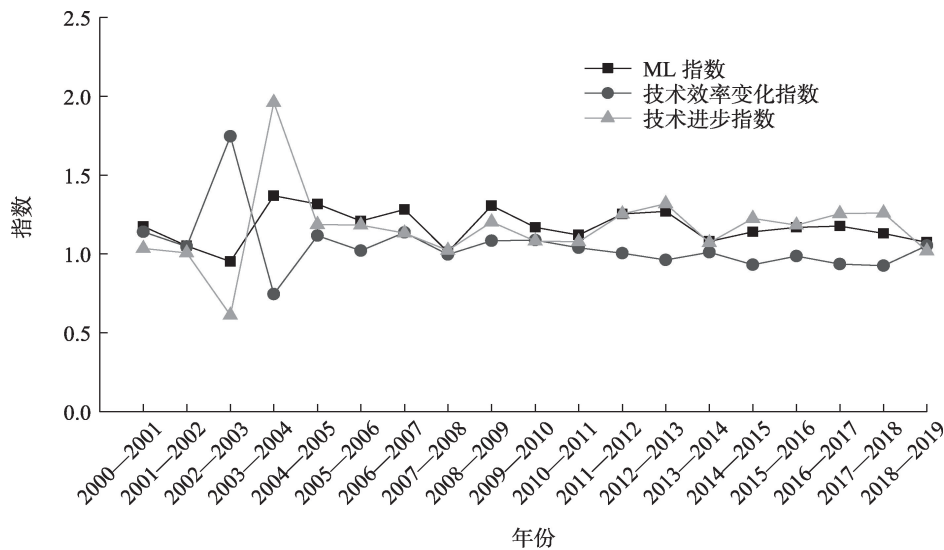


图4 旅游业碳排放效率Malmquist-Luenberger(ML)指数均值及其分解

Fig. 4 Mean value and decomposition of Malmquist-Luenberger (ML) index of tourism carbon emission efficiency

表2 2000—2019年黄河流域各省区旅游业

碳排放效率ML指数均值

Tab. 2 Average ML index of tourism carbon emission efficiency of provinces and regions in the Yellow River Basin from 2000 to 2019

省份	ML指数均值	技术效率变化指数	技术进步指数
山西	1.277	1.115	1.277
内蒙古	1.293	1.200	1.293
山东	1.206	0.994	1.206
河南	1.067	0.953	1.067
四川	1.138	1.036	1.138
陕西	1.157	1.100	1.157
甘肃	1.216	1.083	1.216
青海	1.099	0.987	1.099
宁夏	1.090	0.992	1.090
平均值	1.171	1.051	1.171

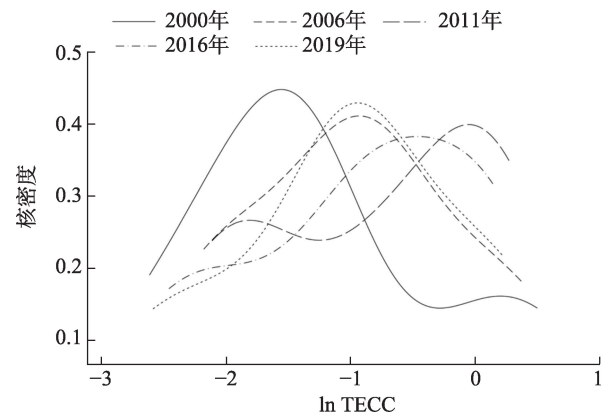
注:ln TCEE为黄河流域旅游业碳排放效率的对数形式;  
核函数为高斯核密度函数,带宽为0.5。

图5 旅游业碳排放效率核密度估计

Fig. 5 Kernel density estimation of tourism carbon emission efficiency

展趋势。从峰度来看,2000—2016年核密度曲线波峰高度逐渐降低,而2016—2019年波峰高度又呈现升高的趋势,但仍低于2000年,表明黄河流域旅游业碳排放效率整体差异逐渐缩小,数据分布逐渐均衡,与前文研究一致。从位置来看,2000年到2019年核密度曲线整体右移,随后自2011年再次发生左移,揭示黄河流域旅游业碳排放效率先提高后降低的变化规律。从形态来看,黄河流域旅游业碳排放效率的核密度曲线在2000年至2019年间逐渐由“M”型“多峰”转变为倒“U”型“单峰”,表明旅游业碳排放效率有极化现象减弱、分布逐渐均衡的态势,

同时,研究期间核密度曲线右尾不断缩短,也印证了差异程度逐步减小。

### 2.3 黄河流域旅游业碳排放效率影响因素及其空间溢出效应

**2.3.1 空间自相关性检验** 在使用空间计量模型估算各驱动因素对旅游业碳排放效率的影响之前,利用Stata17构建经济-地理距离嵌套矩阵,其中经济距离权重矩阵用2000—2019年年均人均GDP绝对差值的倒数表示,地理距离权重矩阵则采用反距离法进行构造,即矩阵中元素表示基于经纬度计算的距离的倒数。采取全局莫兰指数对被解释变量进

表3 2000—2019年黄河流域旅游业碳排放效率  
全局莫兰指数

Tab. 3 Global Moran's *I* of tourism carbon emission efficiency in the Yellow River Basin from 2000 to 2019

年份	全局莫兰指数	年份	全局莫兰指数
2000	0.144**	2010	0.417***
2001	0.169**	2011	0.456***
2002	0.189**	2012	0.406***
2003	0.211**	2013	0.401***
2004	0.056**	2014	0.320***
2005	0.236***	2015	0.283***
2006	0.245***	2016	0.267***
2007	0.392***	2017	0.250**
2008	0.349***	2018	0.200**
2009	0.422***	2019	0.190**

注: \*、\*\*、\*\*\*分别表示在 10%、5%和 1%水平上显著。下同。

行空间自相关检验(表3)。2000—2019年黄河流域9省区旅游业碳排放效率的全局空间自相关指数均为正值,且至少在5%的水平上通过了显著性检验,表明黄河流域旅游业碳排放效率具有较强的正向相关性,即空间溢出性较强。

**2.3.2 变量选取与模型检验** 前文测度结果表明黄河流域旅游业碳排放效率可能受多种因素共同作用,因此本文选择具有代表性的因子探讨其影响因素(表4)。

在对旅游业碳排放效率的影响因素进行研究之前,需要先进行模型检验(表5)。首先,利用拉格朗日乘数(LM)检验判别空间计量模型的误差项中是否存在空间依赖性,结果表明除空间误差最大似然(LM-Error)检验不显著外,其余3项均通过了1%的显著性水平,因此应拒绝空间误差模型(SEM)。其次,似然比(LR)检验及沃尔德(Wald)检验均通过了1%的显著性水平,因此应拒绝空间滞后模型(SAR),选择空间杜宾模型(SDM)。然后,通过豪斯

表4 空间杜宾模型主要变量及其  
描述性统计

Tab. 4 Main variables and descriptive statistics of the spatial Durbin model

变量类型	变量名称	变量解释
被解释变量	旅游业碳排放效率(TCEE)	Super-SBM模型计算得到
解释变量	经济发展水平(ED)	人均GDP/元
	产业结构(IS)	第三产业产值占比/%
	对外开放程度(Open)	进出口总额占GDP比重/%
	环境规制(ER)	环境污染治理投资额占GDP比重/%
	城镇化水平(Urb)	城镇人口比重/%
	技术水平(TL)	万元GDP能源消耗量(标准煤)/ $t \cdot (10^4 \text{元})^{-1}$
	旅游产业集聚(TA)	区位熵计算得到 <sup>[37]</sup>

曼(Hausman)检验判断使用固定效应或随机效应,结果显示通过1%的显著性水平,则固定效应更为合理。最后,利用LR检验对空间杜宾模型的3种固定效应类型进行选择,结果显示使用双向固定效应更优。

**2.3.3 影响因素分析** 空间杜宾模型回归结果如表6所示。总体来看,不同自变量因素在时间和空间固定效应下对旅游业碳排放效率的影响和显著水平具有明显差异。

经济发展水平对当地的旅游业碳排放效率影响系数为负(-0.007),但空间滞后项对旅游业碳排放效率起到正向促进作用(0.004)且 $P<0.01$ 。从二者的系数大小来看,经济发展水平所造成的影响较小。产业结构对当地的旅游业碳排放效率的影响系数为-0.364,表现为负面影响,当第三产业占比较高时,旅游业作为其中的支柱性产业,往往会有较大的发展空间,这可能会导致旅游业碳排放量增加;同时,邻接省份产业结构升级会带来区域内经

表5 模型检验结果

Tab. 5 Model test results

检验方法	特征值	检验方法	特征值
空间滞后最大似然(LM-Lag)	15.880***	空间误差似然比(LR-Error)	156.090***
Robust LM-Lag	52.003***	Wald-Error	55.840***
空间误差最大似然(LM-Error)	0.626	豪斯曼(Hausman)	22.450***
Robust LM-Error	36.749***	LR-time	169.59***
空间滞后似然比(LR-Lag)	128.550***	LR-ind	53.14***
Wald-Lag	50.060***		



表6 模型回归结果

Tab. 6 Model regression results

变量	影响 系数(Main)	空间滞后项 系数(Wx)
经济发展水平(ED)	-0.007(0.13)	0.004*** (0.01)
产业结构(IS)	-0.364(0.17)	-6.390*** (0.00)
对外开放程度(Open)	-0.191(0.73)	-0.901(0.63)
环境规制(ER)	1.987(0.32)	6.301* (0.08)
城镇化水平(Urb)	0.147(0.93)	19.246*** (0.00)
技术水平(TL)	-0.245*** (0.00)	-0.291(0.19)
旅游业产业集聚(TA)	-0.078*** (0.00)	-0.342*** (0.00)
拟合优度(R <sup>2</sup> )	0.3650	
空间溢出效应系数(rho)	-0.1645*	
误差项(sigma <sub>2</sub> e)	0.0225***	
时间固定	是	
空间固定	是	

注:括号内数字为P值大小。下同。

济活力和消费需求的提升,这将增强本省旅游业发展的压力,从而导致盲目快速发展,产生显著的负向环境外部性(-6.390)。对外开放程度对旅游业碳排放效率的影响系数为-0.191,其空间滞后项的影响系数为-0.901。对外开放程度的提高使得更多的高能耗高污染外资入驻黄河流域,对宏观区域产生辐射负面影响<sup>[38]</sup>。环境规制对本地和邻地的影响系数分别为1.987、6.301,后者通过了 $P<0.1$ 的显著性检验,由于环境规制相关政策的提出,势必会促使各旅游企业更加重视环境保护,采取一系列措施减少旅游活动所带来的碳排放,推动绿色技术和设备的使用,因此环境规制对本地存在显著的空间正相关关系<sup>[39]</sup>;在空间示范效应的影响下,当地环境相关政策的出台和实施必然会警示区域内其他省份,指导并拉动有益政策的制定。城镇化水平影响系数为0.147,一定程度上有利于当地旅游业碳排放效率的提升,但并不显著,对周边地区则呈现出显著的正向溢出效应,且影响系数最大(19.246),原因可能在于城镇化增强了区域间的联系,人们的环保意识和资源利用效率有所提高,导致其“质量效应”开始起作用<sup>[40]</sup>。此外,技术水平对旅游业碳排放效率的影响系数为-0.245( $P<0.01$ ),表明能耗降低所带来的技术进步能够有效提高旅游业碳排放效率,同时技术水平的提高对周边地区产生抑制作用,技术水平每提高1%,将会导致旅游业碳排放效率降低0.291%。最后,旅游产业集聚具有显著负向作

用,影响系数为-0.078,表明在旅游产业集聚增加旅游业规模和吸引力的同时,也会带来更多的能源消耗和CO<sub>2</sub>排放;且由于人才、土地等资源要素的竞争,给周边地区的旅游产业发展带来了阻碍,从而产生负向的空间溢出,影响系数为-0.342。回归结果反映出区域旅游碳排放效率的实现可以通过增强环境规制、技术水平等方面以促进旅游经济环境效益,印证了旅游经济对绿色发展的驱动机制<sup>[41]</sup>。而对于不利于周边地区旅游业碳排放效率提高的驱动因素,可能是由于黄河流域省域之间交流门槛相对较高,产生知识、技术等有利要素的外溢缓慢,经济-环境综合体形成缓慢。

**2.3.4 空间效应分解** 由前文回归结果可知,各影响因素对黄河流域旅游业碳排放效率存在空间溢出效应,为了更直观地解释随机冲击产生的边际效应,本文对各被解释变量的空间效应进一步分解(表7)。

从直接效应来看,环境规制和技术水平均有利于省内旅游业碳排放效率的提升,前者相关系数最大,表现为每提升1%的环境规制水平,会推动本省效率值增加1.828%。而技术水平影响系数为-0.235( $P<0.01$ )。经济发展水平和旅游业产业集聚对本省效率值造成负面影响,影响系数分别为-0.000( $P<0.1$ )、-0.068( $P<0.01$ )。从间接效应来看,经济发展水平( $P<0.05$ )、环境规制( $P<0.1$ )和城镇化水平( $P<0.01$ )的影响系数均为正,说明其存在要素的空间转移,如通过相互学习和模仿行为提高邻接省份的旅游业碳排放效率;产业结构、旅游业产业集聚的影响系数分别为-5.693( $P<0.01$ )和-0.293( $P<0.01$ ),说明相邻省份的产业结构升级和旅游产业集聚提高会造成本地旅游业碳排放效率的降低,其对邻地旅游业碳排放效率存在负向外部性。从总效应来看,只有经济发展水平和城镇化水平的直接和间接效应影响系数正负不一,且总效应值均为正,说明邻省区的变量水平对本省的效率值影响更大,此外,环境规制总效应同样为正值,其对周边区域旅游业碳排放效率的规模效应大于回馈效应,可以促进流域内旅游业碳排放效率的提高。综合来看,经济发展水平、环境规制、城镇化水平存在显著的正向溢出效应,对邻接地区的旅游业碳排放效率存在较强的积极作用;而产业结构、技术水平和旅游业产业集聚给邻地旅游业碳排放效率带来了显



表 7 空间杜宾模型直接效应和间接效应  
Tab. 7 Direct and indirect effects of spatial Durbin model

变量	直接效应	间接效应	总效应
经济发展水平(ED)	-0.000*(0.09)	0.004**(0.01)	0.003**(0.05)
产业结构(IS)	-0.150(0.62)	-5.693*** (0.00)	-5.843*** (0.00)
对外开放程度(Open)	-0.101(0.84)	-0.660(0.68)	-0.761(0.67)
环境规制(ER)	1.828(0.35)	5.270*(0.09)	7.098*(0.08)
城镇化水平(Urb)	-0.570(0.74)	17.597*** (0.00)	17.028*** (0.00)
技术水平(TL)	-0.235*** (0.00)	-0.226(0.28)	-0.461*** (0.00)
旅游业产业集聚(TA)	-0.068*** (0.00)	-0.293*** (0.00)	-0.361*** (0.00)

著的抑制作用。

3 结论与建议

3.1 结论

(1) 从静态效率来看,2000—2019年,黄河流域内旅游业碳排放效率均值先波动上升后下降,其变异系数波动下降,表明黄河流域各省区之间的差异在不断缩小;在空间分布上,黄河流域旅游业碳排放效率均值呈现出明显的“西低东高”空间分布格局,且旅游业碳排放效率空间分布以及效率均值空间分布都出现明显的西部塌陷特征。

(2) 从动态效率来看,2000—2019年黄河流域ML指数均值大于1,旅游业碳排放效率整体呈现增长态势,指数分解结果表明技术进步对旅游业碳排放效率变动的贡献最大;核密度曲线形态中波峰高度降低,峰数减少,右尾不断缩短,均说明研究期内旅游业碳排放效率极化现象减弱,分布逐渐均衡;曲线位置先整体右移,随后发生左移,证明黄河流域旅游业碳排放效率水平呈现先提高后降低的趋势。

(3) 从影响因素来看,环境规制和城镇化水平在促进当地旅游业碳排放效率的过程中呈现出正向溢出效应;产业结构、对外开放、技术水平和旅游产业集聚对当地和邻地的影响系数均为负;而经济发展水平会抑制旅游业碳排放效率的提升,但对周边地区呈现出显著的正向溢出作用。

3.2 建议

基于以上研究结果,本文提出以下政策建议:(1) 2012—2018年黄河流域旅游业进入快速增长模式,而旅游业碳排放效率均值波动下降,因此应避免盲目追求旅游经济的提高而忽视绿色旅游的发展,减少旅游业对资源要素投入的依赖。(2) 上游甘

肃、青海和宁夏3省的旅游发展对环境依赖度较高,应更加注重生态环境的保护,结合技术进步对旅游业碳排放效率变动的贡献更大可知,加强清洁能源的替代以及绿色技术的引进是提升旅游业碳排放效率直接有效的方式。(3) 黄河流域各省区应充分重视城镇化水平的正向溢出效应,严格把控城镇化发展规划,科学推进城镇化向高级阶段发展。(4) 经济发展水平对旅游业碳排放效率的影响较小但总效应为正。作为全国经济薄弱地带,旅游业在黄河流域较为传统的经济结构中产值较低,其对环境产生负反馈作用相对较弱,结合技术水平显著的溢出效应,各地应相对大胆地拉动经济发展水平,同时出台相关奖励政策鼓励各创新企业的发展,降低经济发展过程中造成的传统能源消耗以促进全区域旅游业碳排放效率的提高。(5) 环境规制对本地及邻地旅游碳排放效率均有促进作用,总效应显著为正,且2004—2011年黄河流域旅游业碳排放效率均值由于部分旅游相关政策的新鲜出台而稳步上升。因此,政府部门应加快完善环境管制立法执法工作,建立更加密集的网络化管理机制,必要时加大查处力度,在法律层面强硬有效地对降低旅游业碳排放起到贡献作用。

参考文献(References)

[1] 穆学青,郭向阳,明庆忠,等.黄河流域旅游生态安全的动态演变特征及驱动因素[J].地理学报,2022,77(3):714-735. [Mu Xueqing, Guo Xiangyang, Ming Qingzhong, et al. Dynamic evolution characteristics and driving factors of tourism ecological security in the Yellow River Basin[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77 (3): 714-735. ]

[2] Peeters P, Dubois G. Tourism travel under climate change mitigation constraints[J]. Journal of Transport Geography, 2010, 18(3): 447-457.

- [3] 王坤, 黄震方, 曹芳东. 中国旅游业碳排放效率的空间格局及其影响因素[J]. 生态学报, 2015, 35(21): 7150–7160. [Wang Kun, Huang Zhenfang, Cao Fangdong. Spatial pattern and influencing factors of carbon dioxide emissions efficiency of tourism in China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(21): 7150–7160. ]
- [4] Tang C C, Zhong L S, Jiang Q O. Energy efficiency and carbon efficiency of tourism industry in destination[J]. Energy Efficiency, 2018, 11(3): 539–558.
- [5] Li X M, Shi P F, Han Y Z, et al. Measurement and spatial variation of green total factor productivity of the tourism industry in China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(4): 1159, doi: 10.3390/ijerph17041159.
- [6] Wu Y X, Lin S W. Efficiency evaluation of Asia's cultural tourism using a dynamic DEA approach[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2022, 84: 101426, doi: 10.1016/j.seps.2022.101426.
- [7] 王钰凯, 郭辉. 新疆旅游业生态效率时空分异与收敛性研究[J]. 干旱区地理, 2022, 45(4): 1320–1331. [Wang Yukai, Guo Hui. Spatial and temporal differentiation and convergence studies of the ecoefficiency of Xinjiang tourism industry[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(4): 1320–1331. ]
- [8] 王凯, 刘依飞, 甘畅. 中国环境规制对旅游业碳排放绩效的影响[J]. 中国生态旅游, 2022, 12(4): 603–616. [Wang Kai, Liu Yifei, Gan Chang. The impact of environmental regulation on the tourism carbon emissions performance in China[J]. Journal of Chinese Ecotourism, 2022, 12(4): 603–616. ]
- [9] 王凯, 何静, 甘畅, 等. 中国旅游产业结构变迁对旅游业碳排放效率的空间溢出效应研究[J]. 中国软科学, 2022(12): 50–60. [Wang Kai, He Jing, Gan Chang, et al. Study on the spatial spillover effect of China's tourism industrial structure change on tourism carbon emission efficiency[J]. China Soft Science, 2022(12): 50–60. ]
- [10] 何昭丽, 孙慧, 张振龙. 中国入境旅游发展效率及其影响因素研究[J]. 干旱区地理, 2017, 40(6): 1282–1289. [He Zhaoli, Sun Hui, Zhang Zhenlong. Technical efficiency and influencing factors of China's inbound tourism[J]. Arid Land Geography, 2017, 40(6): 1282–1289. ]
- [11] Guo L J, Li P Z, Zhang J H, et al. Do socio-economic factors matter? A comprehensive evaluation of tourism eco-efficiency determinants in China based on the geographical detector model[J]. Journal of Environmental Management, 2022, 320: 115812, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.115812.
- [12] 岳立, 雷燕燕, 王杰. 中国省域旅游业碳排放效率时空特征及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2020, 36(16): 69–73. [Yue Li, Lei Yanyan, Wang Jie. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of carbon emission efficiency of tourism in China Province[J]. Statistics & Decision, 2020, 36(16): 69–73. ]
- [13] Meng W Q, Xu L Y, Hu B B, et al. Quantifying direct and indirect carbon dioxide emissions of the Chinese tourism industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 126: 586–594.
- [14] 王凯, 邵海琴, 周婷婷, 等. 中国旅游业碳排放效率及其空间关联特征[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 473–482. [Wang Kai, Shao Haiqin, Zhou Tingting, et al. A study on carbon emissions efficiency of tourism and its spatial correlation characteristics in China[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(3): 473–482. ]
- [15] Kelly J, William P W. Tourism destination energy consumption and greenhouse gas emissions: Whistler, British Columbia, Canada [J]. Sustainable Tourism, 2007, 15(1): 67–90.
- [16] 王凯, 邵海琴, 周婷婷, 等. 基于STIRPAT模型的中国旅游业碳排放影响因素分析[J]. 环境科学学报, 2017, 37(3): 1185–1192. [Wang Kai, Shao Haiqin, Zhou Tingting, et al. Analysis of impact factors of CO<sub>2</sub> emissions from tourism in China based on STIRPAT model[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2017, 37(3): 1185–1192. ]
- [17] 王凯, 杨亚萍, 张淑文, 等. 中国旅游产业集聚与碳排放空间关联性[J]. 资源科学, 2019, 41(2): 362–371. [Wang Kai, Yang Yaping, Zhang Shuwen, et al. Spatial correlation between the agglomeration and CO<sub>2</sub> emissions of China's tourism industry[J]. Resources Science, 2019, 41(2): 362–371. ]
- [18] 石培华, 吴普. 中国旅游业能源消耗与CO<sub>2</sub>排放量的初步估算[J]. 地理学报, 2011, 66(2): 235–243. [Shi Peihua, Wu Pu. A rough estimation of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission in tourism sector of China[J]. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(2): 235–243. ]
- [19] 谢园方, 赵媛. 长三角地区旅游业能源消耗的CO<sub>2</sub>排放测度研究[J]. 地理研究, 2012, 31(3): 429–438. [Xie Yuanfang, Zhao Yuan. Measuring carbon dioxide emissions from energy consumption by tourism in Yangtze River Delta[J]. Geographical Research, 2012, 31(3): 429–438. ]
- [20] 姚丹, 任丽燕, 马仁锋, 等. 长三角旅游业碳排放强度空间格局及影响因素分析[J]. 生态科学, 2021, 40(2): 89–98. [Yao Dan, Ren Liyan, Ma Renfeng, et al. Analysis of spatial pattern and influencing factors of carbon emission intensity of tourism industry in Yangtze River Delta[J]. Ecological Science, 2021, 40(2): 89–98. ]
- [21] Hunter C, Shaw J. The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism[J]. Tourism Management, 2007, 28(1): 46–57.
- [22] 邵海琴, 王兆峰. 长江经济带旅游业碳排放效率的综合测度与时空分异[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(8): 1685–1693. [Shao Haiqin, Wang Zhaofeng. Comprehensive measurement of carbon emissions efficiency of tourism and its spatio-temporal differentiation in the Yangtze River Economic Belt[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(8): 1685–1693. ]
- [23] 王梓瑛, 王兆峰. 碳排放约束下长江经济带旅游产业效率的时空演化及影响因素研究[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(2): 280–289. [Wang Ziyi, Wang Zhaofeng. Spatial-temporal evolution and influencing factors of tourism industry efficiency under the constraints of carbon emission in the Yangtze River Economic Zone[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(2): 280–289. ]

- [24] 谭华云, 许春晓, 董雪旺. 旅游业碳排放效率地区差异分解与影响因素探究[J]. 统计与决策, 2018, 34(16): 51–55. [Tan Huayun, Xu Chunxiao, Dong Xuewang. Decomposition of regional differences in carbon emission efficiency of tourism industry and exploration of influencing factors[J]. Statistics & Decision, 2018, 34(16): 51–55. ]
- [25] 王凯, 张淑文, 甘畅, 等. 中国旅游业碳排放效率的空间网络结构及其效应研究[J]. 地理科学, 2020, 40(3): 344–353. [Wang Kai, Zhang Shuwen, Gan Chang, et al. Spatial network structure of carbon emission efficiency of tourism industry and its effects in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(3): 344–353. ]
- [26] Liu J, Zhang J F, Fu Z B. Tourism eco-efficiency of Chinese coastal cities: Analysis based on the DEA-Tobit model[J]. Ocean & Coastal Management, 2017, 148: 164–170.
- [27] 于法稳, 林珊, 王广梁. 黄河流域县域生态治理的重点领域及对策研究[J]. 中国软科学, 2023(2): 104–114. [Yu Fawen, Lin Shan, Wang Guangliang. Research on key areas and countermeasures of county-level ecological governance of Yellow River Basin[J]. China Soft Science, 2023(2): 104–114. ]
- [28] 王胜鹏, 乔花芳, 冯娟, 等. 黄河流域旅游生态效率时空演化及其与旅游经济互动响应[J]. 经济地理, 2020, 40(5): 81–89. [Wang Shengpeng, Qiao Huafang, Feng Juan, et al. The spatio-temporal evolution of tourism eco-efficiency in the Yellow River Basin and its interactive response with tourism economy development level [J]. Economic Geography, 2020, 40(5): 81–89. ]
- [29] 宋慧林, 马运来. 我国旅游业技术创新水平的区域空间分布特征——基于专利数据的统计分析[J]. 旅游科学, 2010, 24(2): 71–76. [Song Huilin, Ma Yunlai. Regional spatial distribution of tourism technology innovation level in China: An statistical analysis based on patent data[J]. Tourism Science, 2010, 24(2): 71–76. ]
- [30] 黄国庆, 汪子路, 时朋飞, 等. 黄河流域旅游业碳排放脱钩效应测度与空间分异研究[J]. 中国软科学, 2021, 4: 82–93. [Huang Guoqing, Wang Zilu, Shi Pengfei, et al. Measurement and spatial heterogeneity of tourism carbon emission and its decoupling effects: A case study of the Yellow River Basin in China[J]. China Soft Science, 2021, 4: 82–93. ]
- [31] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498–509.
- [32] Anderson P, Petersen N C. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1993, 39(10): 1261–1264.
- [33] Young A. Gold into base metals: Productivity growth in the people's republic of China during the reform period[J]. Journal of Political Economy, 2003, 111(6): 1220–1261.
- [34] Patterson M, McDonald G. How clean and green is New Zealand tourism[M]. Lincoln: Manaki Whenua, 2004: 56–59
- [35] Chung Y H, Färe R, Grosskopf S. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach[J]. Journal of Environmental Management, 1997, 51(3): 229–240.
- [36] Tran L T. Kernel density estimation on random fields[J]. Journal of Multivariate Analysis, 1990, 34(1): 37–53.
- [37] 曹开军, 龙顺发. 新疆县市旅游产业集聚演变及其影响因素[J]. 经济地理, 2022, 42(12): 205–213. [Cao Kaijun, Long Shunfa. Evolution of tourism industry agglomeration and its influencing factors based on counties in Xinjiang Uygur Autonomous Region [J]. Economic Geography, 2022, 42(12): 205–213. ]
- [38] 徐晔, 欧阳婉桦. 江西省城市绿色发展水平动态测度及影响机制[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(5): 1152–1168. [Xu Ye, Ouyang Wanhua. Dynamic measurement of the urban green development level and its influencing mechanism in Jiangxi Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(5): 1152–1168. ]
- [39] 童昀, 何彪. 旅游经济的绿色发展效应及其形成机制——中国92个旅游依赖型城市的实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(4): 134–144. [Tong Yun, He Biao. Green development effect of tourism economy and its formation mechanism: Evidence from 92 tourism-dependent cities in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(4): 134–144. ]
- [40] 王鑫静, 程钰. 城镇化对碳排放效率的影响机制研究——基于全球118个国家面板数据的实证分析[J]. 世界地理研究, 2020, 29(3): 503–511. [Wang Xinjing, Cheng Yu. Research on the influencing mechanism of urbanization on carbon emission efficiency: Based on an empirical study of 118 countries[J]. World Regional Studies, 2020, 29(3): 503–511. ]
- [41] 童昀, 刘海猛, 马勇, 等. 中国旅游经济对城市绿色发展的影响及空间溢出效应[J]. 地理学报, 2021, 76(10): 2504–2521. [Tong Yun, Liu Haimeng, Ma Yong, et al. The influence and spatial spillover effects of tourism economy on urban green development in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(10): 2504–2521. ]



## Comprehensive measurement and influencing factors of carbon emission efficiency of tourism in the Yellow River Basin

DU Yaming, BAI Yongping, LIANG Jianshe, ZHANG Chunyue, JING Linxiang,  
WANG Liguu, ZOU Jiacheng

(College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu, China)

**Abstract:** The quantification and assessment of carbon emission efficiency and its influencing factors in the tourism sector are crucial for advancing environmentally-friendly development in the tourism economy of Yellow River Basin, China. This study develops an input-output table for evaluating the carbon emission efficiency of tourism. In addition to traditional factors such as capital, labor, and energy, we incorporate technological innovation. The desired output is the total tourism revenue, while the non-desired output is the carbon emission during tourism, integrated into the Super-Slack-Based Measure (SBM). Employing the Malmquist-Luenberger index and the kernel density estimation method, we analyzed tourism carbon emission efficiency from both static and dynamic perspectives. Furthermore, we established a spatial Durbin model to examine spatial spillover effects. Our results revealed the following: (1) During 2000—2019, the carbon emission efficiency of tourism in the Yellow River Basin initially experienced an upward fluctuation followed by a subsequent downward trend. Provinces and regions exhibited a diminishing difference, with a spatial distribution pattern that indicated lower efficiency in the west and higher efficiency in the east. (2) Regarding dynamic efficiency, both the Malmquist-Luenberger index and kernel density estimation trends indicated a weakening polarization phenomenon in carbon emission efficiency. Technological progress significantly contributed to changes in the tourism industry's carbon emission efficiency. (3) Influencing factors that include positive spillover effects from environmental regulation and urbanization, enhanced local tourism carbon emission efficiency. Conversely, industrial structure, openness, technology level, and tourism industry agglomeration were found to have adverse effects. Economic development levels hindered the improvement of carbon emission efficiency in tourism; however, they exhibited a notable positive spillover effect on surrounding regions. These findings aim to establish a theoretical foundation for governments to formulate targeted policies for energy-saving and carbon-emission reduction in the tourism sector.

**Key words:** tourism carbon emission efficiency; Super-SBM; spatial Durbin model; Yellow River Basin